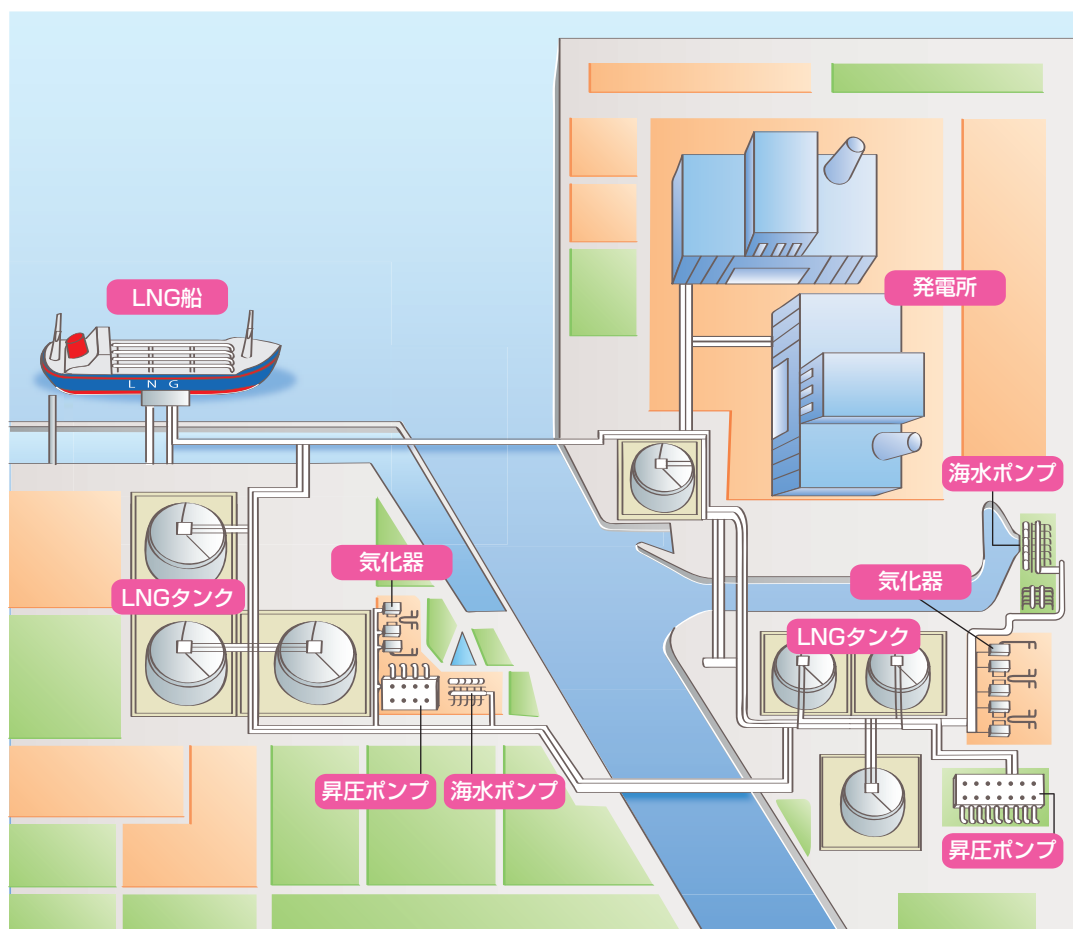


実機さながらの訓練環境を 演出するシミュレータ

発電設備との連携訓練もできる LNG 基地運転訓練シミュレータ

LNG（液化天然ガス）を利用する社会的要請が高まり、LNG 基地の安定操業の重要度が増している。プラント運転技術力の維持向上や技術伝承のための「運転訓練用」と、設備増設・更新工事時の「事前検証用」として、限りなくプラント実機を再現した運転訓練シミュレータを開発するとともに、これまでにない発電設備側の運転シミュレータとの連携訓練を実現させた。



LNG 基地の概要図

高まる LNG 基地の重要性

現在、国内のすべての原子力発電所が停止しており、LNG を燃料とした火力発電所からの電力供給が増えている。資源エネルギー庁「エネルギー白書 2012」によれば、電源別発電電力量の構成比は、2010

年の原子力：30.8%，LNG 火力：27.2%から 2011 年の原子力：10.7%，LNG 火力：39.5%に変化し、原子力発電の減少分を LNG 火力が補っている状況である。そのため、LNG 基地の重要性が増すとともにさらなる安定供給が期待されている。

シミュレータに寄せられる期待

このような LNG 火力への依存度の増大に伴って LNG 基地の安定的な運転やそのための訓練の重要性もまた高まっている。そして運転訓練を効果的に実行する有力な手段としてシミュレータが活用されている。

シミュレータは身近なところでは自動車運転教習用やゲーム機が知られているが、船舶や航空機のような輸送機や機械・プラント設備の運転訓練にも幅広く活用されている。

IHI は長年蓄積してきた技術と知識を活用し、プラント設備用として LNG 基地向けの運転訓練シミュレータを納入してきた。プラント設備の安定操業と万一の事故や異常時における適切な対応を可能とすることを目的として、実際のプラント設備（実機）を模擬するシミュレータの活用が有効な手段として認識されている。

IHI 製 LNG 基地向け運転訓練シミュレータ

IHI の運転訓練シミュレータは、オペレータコンソール（操作機器）まで「実機と同じ」にこだわり、制御ロジックや操作画面も実機と同じソフトウェアを使用するため、臨場感が高く実機さながらの運転操作訓練が可能である。また、制御装置のソフトウェア改造時の事前検証用として活用も期待できる。

また、プラント模擬（シミュレーションモデル）に関しては物理モデルに基づいたプロセスモデルを採用し、重要なプロセスの応答特性においてシミュレータと実機との差が数%以内という高精度の模擬を可能としている。これにより試運転前に、事前検証を可能とし、実機試運転の制御調整を短期間で完了させるとともに、事前に不具合や事故要因などのリスクを低減させることで安全に試運転を完了させている。

シミュレータは、LNG 基地での運転班（チーム）単位のオペレーションに対応できるような運転環境を提供し、実機同様にチームとして異常時の対応訓練が可能となっている。さらに大きなチームオペレーションとして、実機と同様に LNG 基地と発電設備側の運転シミュレータとの設備を越えた連携訓練も可能なシステムを実現した。本稿では、上述してきた運転訓練シミュレータについて紹介をする。

LNG 基地運転シミュレータの歩み

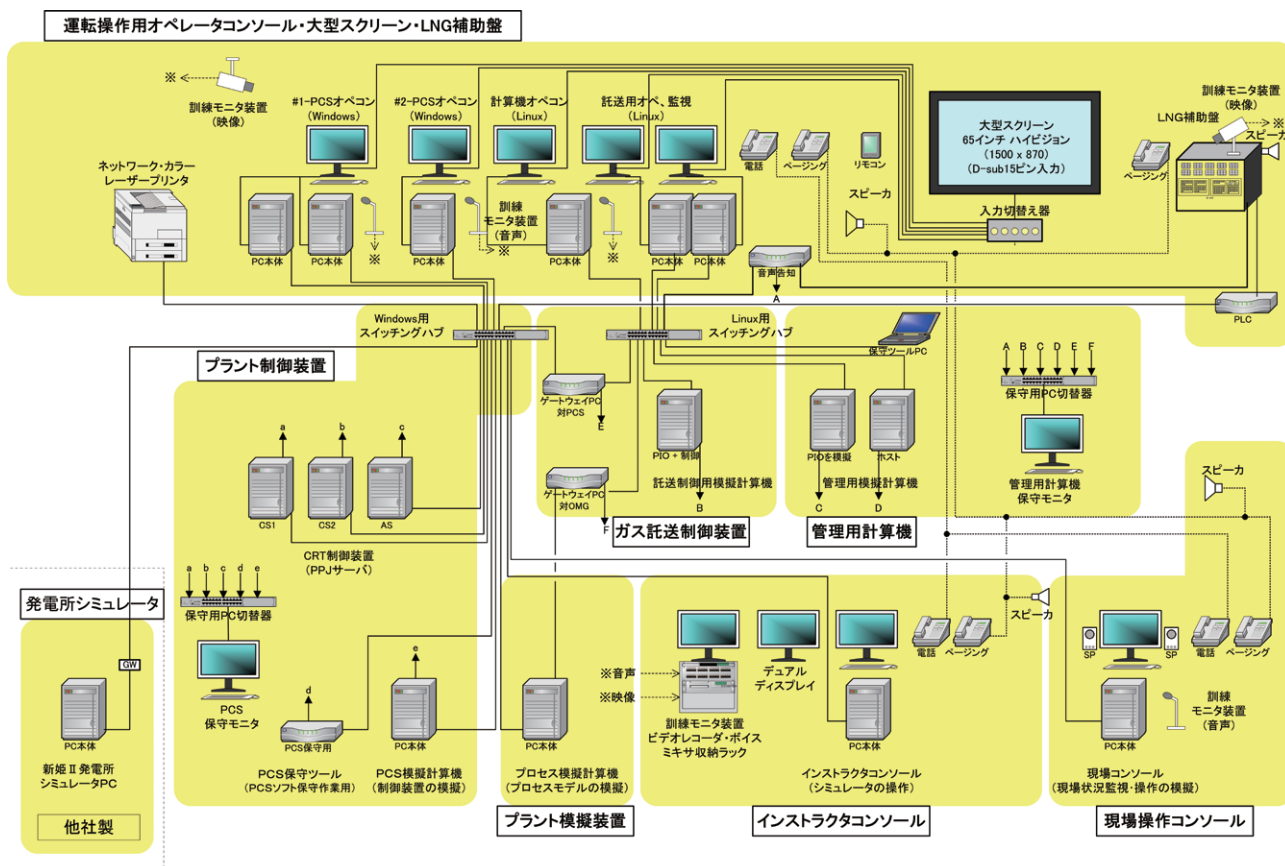
本稿で紹介する運転訓練シミュレータは、関西電力株式会社（関西電力）に納入したものである。運転訓練シミュレータの内容を説明する前に、LNG 基地の位置づけとその概要を説明する。LNG 基地と発電所の関係を左図に示している。LNG 船で輸送された LNG は、受入設備を通して LNG タンクに貯蔵され、LNG を昇圧し、天然ガスとして気化させた後、発電所へ送ガスされる。つまり、LNG 基地は、LNG の受入・貯蔵・ガス化（昇圧・気化）などの機能を有した設備であり、安定的な電力供給のための重要な設備の一つとなっている。

一般的に火力発電設備向け LNG 基地の運転訓練は、現在でも机上での思考訓練が主流であるため、実機と訓練環境の差が大きく、臨場感のある実際の運転訓練を実現することはできない。また、実機を使用した訓練も設備を停止できないことから事実上不可能であるため、多くの LNG 基地では、過去の経験や勘を頼りに運転訓練せざるを得ないという課題を有している。

関西電力の姫路第二発電所 LNG 基地は、同社の火力発電所で最大供給能力をもつ姫路第二発電所、および第一発電所へ燃料を供給する LNG 基地であり、都市ガスの送出や LNG ローリー出荷設備も備えており、さまざまな設備で構成されている。この設備を安定的に運転するには、定常時の運転操作だけでなく、何らかの事故を想定した非定常時の運転訓練も必要となる。

また、姫路第二発電所の発電設備は高効率化を達成するため、コンベンショナル発電方式からコンバインド発電方式へと、更新工事中である。そのなかで IHI は LNG 基地のうち、燃料の送ガス設備を担当し、既設の低圧送ガス設備の高圧化工事、および発電設備と LNG 基地の中央制御室の統合化工事を行った。発電設備と LNG 基地の運転を停止させずに更新をするという困難な工事を完成させなければならず、試運転をどのように進めるかという課題に直面していた。ちなみに、姫路第二発電所 LNG 基地では、約 20 年前に IHI が設備増強工事の際にシミュレータを納入し、これまで運転技術力の維持向上と設備改修の事前検証などにシミュレータが有効活用されてきた経緯がある。

そこで、課題に対応するため、既設設備のシミュレータ機能をそのまま保有するとともに、さらに新機



LNG 基地運転訓練シミュレータ システム構成図

能や LNG 基地全システムまで模擬範囲を拡大した大規模シミュレータを開発・更新し、適用することとした。

「実機さながら」へのこだわり

既設シミュレータの更新コンセプトとしては、以下の4点を考慮している。

- (1) 既設機能を維持しながら最新技術を採用したシステムを再構築すること。
- (2) ユーザフレンドリーな操作へ機能改善すること。
- (3) 新機能として、他社製の発電設備シミュレータとの連携訓練が可能なこと。
- (4) 実機と同仕様の操作機器を採用し、実機と同等の運転訓練ができること。

また、このコンセプトに基づくシミュレータを導入することで以下、四つのメリットが得られる。

- (1) 若手や経験の少ない運転員でも、安定した運転操作を習得することができる。
- (2) 特に実機運転中における事故などに備えて、定常時には経験のできないさまざまな非定常時の運転を模擬的に訓練することが可能となり、柔軟な運

転技能を習得することができる。

- (3) 制御ロジック改造の事前検証によって、作業時のリスク軽減と信頼性の高い設備改修が可能となる。
- (4) 実機更新工事の試運転に際し、事前操作の訓練をすることで、当直員がスムーズに試運転操作でき、安全かつ工程どおりに業務遂行することが可能となる。

オールマイティーの新設シミュレータ

新設シミュレータのシステム構成は、複数の制御装置メーカーのサブシステムを一つのネットワーク上に統合したものであり、上図に示すような大規模なシステム構成となっている。新設シミュレータの主な機能と特長は次のとおりである。

(1) シミュレータの模擬方式

LNG 基地のシミュレーションモデルにはダイナミックシミュレータを採用し、各機器や配管システムの物理モデルに基づく厳密なプロセスのシミュレーションが実現可能である。制御装置の模擬にはエミュレータ方式を採用し、実機制御装置で動作する

ソフトウェアがシミュレータ用 PC の上で動作可能である。

(2) シミュレータのインストラクタ機能

シミュレーションのラン（開始）／フリーズ（停止）、模擬したいシナリオや初期状態（運転開始状態）の編集など、シミュレータの基本操作機能に加え、既設からの機能拡大・新機能として、シミュレーション速度変更（1/2 倍、2 倍、4 倍）操作、およびスナップショット（その時点の状態保存）／バックトラック（後からスナップショット時に状態を戻す）機能を装備した。マルファンクション（事故発生模擬）設定操作をよりユーザフレンドリーなものに改善した。

(3) 発電設備シミュレータとの連携訓練

LNG 基地および発電設備の簡易モデルによる単独のシミュレーションは既設同様に可能であるが、新設シミュレータでは併設する発電設備シミュレータ（他社製）と連結して、実機同等の合同連携訓練を可能とした。なお、個別に構築した大規模なシミュレータを互いに連結して連携訓練できる設備は国内でも前例がない。

これにより、例えば LNG 基地側のプロセスが変動すると、発電設備側にはガス導管モデルを通してさまざまなプロセス値が伝わり、併せて制御装置間の制御信号が伝送され、プロセス変動の程度によっては発電設備がトリップ（個別発電ユニットを運転停止）する状況も、実機と同じように模擬できる。

(4) その他既設からの改善点

シミュレータ室の床面積は既設の 1/3 程度と省ス



LNG 基地運転訓練シミュレータ

ペース化ができ、また主要ハードウェアがすべて低廉な PC で構成できるため設備費も削減可能である。

試運転のフロントローディングでも大活躍

更新工事の試運転段階からシミュレータを活用することにより、実機での調整作業の繰り返しなどによる時間を短縮でき、制御調整の失敗などによる機器への損傷や発電設備トリップなどの事故を起こすこともなく、無事更新工事を完成させることに貢献できた。これは当初想定していた導入効果を上回るものであった。お客さまだけでなく、更新工事を担当するプラントメーカーにとっても、シミュレータを導入するメリットが十分あることを再認識することができた。

発電設備シミュレータとの連携訓練については、LNG 基地の気化器が事故停止するマルファンクションを発生させた際、発電設備がトリップに至るまでの間にガス導管の圧力低下がどれだけ持ちこたえられるかをお客さまと確認し、運転方案検討のための基礎データを収集することもできた。

以上のようにプラント試運転にも十分効果のある大規模、かつ他設備のシミュレータとの連携が可能なシミュレータは、IHI がさまざまなプラント設備を多数納入してきた実績と、これまでの長年にわたる技術の蓄積がなければ実現できなかったといえる。

さらに進化するシミュレータ

LNG 基地は、将来的なエネルギー需要からも新規建設や更新工事が増加していくことが予想されるため、運転訓練シミュレータを実機と組み合わせて、多くのお客さまに採用をしていただくよう努める所存である。

今後は、本稿で紹介したような大規模なシミュレータだけでなく、中小規模のシミュレータをラインナップすることで製品をシリーズ化し、お客さまのニーズに合わせて新たな事業提案とその実現を進めていきたい。

問い合わせ先

株式会社 IHI

エネルギー・プラントセクター

営業・マーケティングセンター 国内営業部

電話（03）6204-7418

URL：www.ihico.jp/